

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-221142

(43)Date of publication of application : 05.11.1985

(51)Int.Cl.

B21J 1/02

B21J 1/06

B21J 5/00

(21)Application number : 59-068823

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 05.04.1984

(72)Inventor : FUKUI IZUMI

TAKADA YOSHIO

SUZUKI TOSHIO

MAEJI HIROSHI

UMEDA TAKEHIRO

HARADA MASAYUKI

(54) FORGING OF MG-ZN-ZR ALLOY

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a forged product of Mg-Zn-Zr alloy excellent in strength and toughness by setting strictly condition of forging in the first step, rolling reduction in the second and subsequent steps and forging temperature in the final step.

CONSTITUTION: An alloy composed of 1.5W6.5wt% Zn, 0.45% or more Zr, the balance substantially Mg is forged by two or more times of processes. In forging of the first step, temperature is set to 360W450° C, and when roll down parallel to metal flow of the material, rolling reduction is made to above 80%, and when roll down vertically, rolling reduction is set to above 50%. In forging of the second and later steps, rolling down is made vertical to metal flow and making total rolling reduction above 30%. Further, forging temperature in the final step is set to 212W290° C. By this method of forging, a forged product of Mg-Zn-Zr alloy excellent in mechanical properties both in L direction and LT direction can be obtained.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BLANK PAGE

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭60-221142

⑫ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和60年(1985)11月5日

B 21 J 1/02
1/06
5/00

7728-4E
7728-4E
7728-4E

審査請求 有 発明の数 1 (全11頁)

⑭ 発明の名称 Mg-Zn-Zr合金の鍛造方法

⑮ 特 願 昭59-68823

⑯ 出 願 昭59(1984)4月5日

⑰ 発 明 者	福 井	泉	名古屋市守山区守山更屋敷161
⑰ 発 明 者	高 田	与 男	犬山市大字五郎丸字森上1-68
⑰ 発 明 者	鈴 木	敏 夫	名古屋市南区外山町3-17
⑰ 発 明 者	前 地	宏	瀬戸市萩山台5丁目47
⑰ 発 明 者	梅 田	猛 洋	岐阜県可児郡可児町土田2416-1
⑰ 発 明 者	原 田	雅 行	名古屋市西区相生町枕先2200-153
⑰ 出 願 人	株式会社神戸製鋼所		神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号
⑰ 代 理 人	弁理士 植木 久一		

明 細 書

1. 発明の名称

Mg-Zn-Zr合金の鍛造方法

2. 特許請求の範囲

Zn: 1.5~8.5% (重量%) 及び
Zr: 0.45%以上を含み、残部が実質的にMg
であるMg-Zn-Zr合金を2回以上に分けて
鍛造する方法であつて、

第1段の鍛造では温度を360~450℃に設
定すると共に、

素材のメタルフローと平行に圧下する場合は
圧下率を80%以上に、また

素材のメタルフローと垂直に圧下する場合は
圧下率を50%以上に、

夫々設定し

第2段以後の鍛造では素材のメタルフローに対
して垂直で且つ総圧下率が80%以上となる様に
圧下することを要件とし、

最終段の鍛造温度は212~290℃に設定す
ることを特徴とするMg-Zn-Zr合金の鍛造

方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明はMg-Zn-Zr合金の鍛造方法に関
し、特に強度及び靱性の優れた同合金鍛造品を得
ることのできる方法に関するものである。

ZK60A合金に代表されるMg-Zn-Zr
合金(以下単にMg合金ということがある)は極
めて軽量で且つ強度も優れている為、航空機やヘ
リコプター等の部品を中心に広く実用化され
ている。ところでMg合金は最密六方晶金属であ
る為異方性が大きく、鍛造加工においては底面す
べり、非底面すべり及び双晶変位の3者がすべて
発生した場合に限り均一な変形が生じるというこ
とが確認されており、これらの変態等を発生させ
るに必要な力は鍛造温度によつて著しく異なる。
従つてMg合金の鍛造に当たつては鍛造温度によ
つて変形の様相が異なり、製品の物性に大きな影
響を及ぼす。また異方性が大きいことにより鍛造
品の機械的性質は鍛造品自身のメタルフローの影
響を受け易い。一方鍛造品自身のメタルフローは、

鍛造温度や圧下率更には素材自身のメタルフローにより著しい影響を受けると考えられるが、現在のところこれら鍛造条件とメタルフロー及び機械的性質の関係については必ずしも明確にされていない。

本発明者等はこうした状況のもとで、鍛造条件とメタルフロー及び機械的性質の関係を明確にし、特に強度及び靱性の優れたMg合金鍛造品を得ることのできる技術を確立しようとして種々研究を進めてきた。本発明はこうした研究の結果完成されたものであつて、その構成は、Zn: 1.5~6.5% (重量%; 以下同じ) 及びZr: 0.45%以上を含み、残部が実質的にMgであるMg-Zn-Zr合金を2回以上に分けて鍛造する方法であつて、

第1段の鍛造では温度を350~450℃に設定すると共に、

素材のメタルフローと平行に圧下する場合は圧下率を80%以上に、また

素材のメタルフローと垂直に圧下する場合は

圧下率を50%以上に、

決定し、

第2段以後の鍛造では素材のメタルフローに対して垂直で且つ総圧下率が30%以上となる様に圧下することを要件とし、

最終段の鍛造温度は212~290℃に設定して鍛造する、

ところに要旨を有するものである。

以下実験の経緯を追つて本発明の構成及び作用効果を詳細に説明する。

前述の様なMg合金を鍛造する場合、2段階以上に分けて鍛造が行なわれることは周知の通りであるが、本発明者等はまず第1段目の鍛造条件が鍛造品のミクロ組織及び機械的性質にどの様な影響を与えるかを明確にする為次の実験を行なつた。

即ち素材としてアル・メタル社製のZK60A合金(化学成分は下記の通り)よりなる押出棒(175mmφ)を使用し、この押出棒から第1図(A)、図に示す様に鍛造用素材Sを切り出した。

(本行余字

供試素材の化学成分(重量%)

Zn	Zr	不純物	Mg
4.816	0.596	tr	残部

素材Sの切出しに当たつては、押出棒のメタルフロー(矢印F)を厚み方向に有するもの(第1図(A))及び上記メタルフローを横方向に有するもの(第1図(B))の2通りのものを作成する。素材Sの形状及び寸法を第2図(A)、図、(C)に示す。尚第2図(C)では圧下方向(以下ST方向)のメタルフロー及び機械的性質を確立し得る様に鍛造圧のかかる面の中央に凸条を形成している。尚矢印Pは鍛造時の圧下方向を示す。

この素材Sを第3図(A)、図に示す金型(図中1はホルダ、2は横型、3は下型、4は上型を示す)にセットし、素材Sの横方向(以下LT方向)両端面側を横型2で拘束しそれと直角方向(以下L方向)のみに変形が起こる様にして、メタルフローと平行又は垂直に所定の条件で圧下する。

次いで鍛造後の各素材にT、処遇(鍛造納入後

150℃×24hrs)を施し、第4図(A)、図に示す位置からL方向、LT方向及びST方向の引張試験片を夫々採取して引張試験を行なうと共に、試験片中央部断面のマクロ組織観察、引張試験チャック部及び同破断部のミクロ組織観察を行なつてメタルフローを調べた。

結果を以下に詳述する。

第5図は、メタルフローの温度及び圧下率による影響を示す図面代用顕微鏡写真(鍛造条件毎に表形式にまとめたもの; 何れも組織観察はL方向)であり、素材のメタルフローと平行又は垂直に圧下率80%で圧下した場合を示している。

これらの写真からも明らかな様に鍛造品のメタルフローは、

①素材のメタルフローに対する圧下方向、

②圧下率、及び

③鍛造温度

によつて著しく変わるが、次の様な事実を確認することができる。

(A)鍛造温度を350℃以下に設定した場合は、

圧下方向や圧下率の如何を問わず鍛造品のメタルフローは不均一で一部に花卉状の組織が認められる。

(例)圧下方向を素材のメタルフローと平行にした場合(第5図の左列)、メタルフローは鍛造の進行と共に圧下方向に対して垂直方向へ流れを変え、鍛造温度が350℃以下では圧下率の如何を問わずメタルフローが完全に変わり切つておらず、一部に花卉状の組織が認められる。また圧下率を50%に設定した場合は鍛造温度を400℃まで高めても均一なメタルフローは得られない。これに対し圧下率を80%に設定すると、鍛造温度が350℃までは依然としてメタルフローが不均一であるが、400℃になると一方々向の均一なメタルフローが得られている。

(例)圧下方向を素材のメタルフローに対して垂直にした場合(第5図の右列)、メタルフローの向きは概して変らず素材中のメタルフローが更に引延される方向になるが、部分的には該メタルフローと交差する方向の流れも生じて局部的に花卉状

の組織が見受けられる。そして鍛造温度を350℃以下に設定した場合は圧下率の如何に関係なく前記交差方向の流れが認められるが、鍛造温度を360℃以上(例えば400℃)に設定すると、交差方向の流れがなくなつて均一なメタルフローを得ることができる。

次に第6図は、圧下方向を素材のメタルフローと平行にした場合における、鍛造品のL方向の機械的性質に及ぼす圧下率及び鍛造温度の影響について、多数の実験データをまとめて示したものである。

この図からも明らかな様に、鍛造品の引張強度及び耐力は圧下率を高めるにつれて当初はかなり低下してくるが、圧下率30%付近から上昇傾向を示す様になる。その後の上昇傾向は鍛造温度に転ずる。350℃以下では上昇傾向が比較的緩慢であるが、鍛造温度が400℃の場合は該上昇傾向が著しく、同温度で80%圧下した場合の引張強度及び耐力は鍛造前のものを上回る高い値を示している。

一方第7図は、圧下方向を素材のメタルフローに対して垂直とした場合における、鍛造品のL方向の機械的性質に及ぼす圧下率及び鍛造温度の影響を示した実験結果のグラフであり、この場合の傾向は第6図の場合とは若干異なり、鍛造温度を400℃に設定し圧下率を50%以上にすれば十分満足のいく引張強度及び耐力を得ることができる。

こうした機械的性質の変化は、第5図で説明した鍛造品のメタルフローと整合性の良い相関関係を有しており、鍛造品のメタルフローを一方々向のみの均質なものとなし得る鍛造条件下で鍛造したものであれば引張強度及び耐力は何れも満足し得る結果になつている。そしてこれらの結果を総合すると、第1段目の鍛造条件として下記の好適条件を定めることができる。尚上記実験例からも明らかである様に、鍛造温度が高ければ高いほど引張強度、耐力及びメタルフローの何れもが良好となるけれども、450℃を超えるとMgの焼損が著しくなつてCO₂、SO₂、SF₆等の保護雰囲気

中で加熱する必要があり、実用性に欠けるので、鍛造温度の上限は450℃に定めている。

(I) 素材のメタルフローと平行に圧下する場合は、鍛造温度を360～450℃、圧下率を80%以上にして鍛造すべきである。

(II) 素材のメタルフローに対し垂直に圧下する場合は、鍛造温度を同じく360～450℃、圧下率は50%以上にして鍛造すべきである。

ところで前記第6, 7図では鍛造品のL方向の引張強度及び耐力について検討したが、LT方向の引張強度等にも与える鍛造条件の影響についても明らかにすべく実験を行なつたところ、特に耐力に関してはむしろ鍛造温度を低くすることが好ましく、前述したL方向の機械的強度の改善傾向とは反対の傾向を示すことが確認された。

ちなみに第8図は、圧下方向をメタルフローと平行にした場合のLT方向の機械的性質に及ぼす鍛造温度及び圧下率の影響を示したグラフ、第9図は圧下方向をメタルフローに対して垂直にした

場合の同影響を示したグラフであり、何れの場合も特にLT方向の耐力については鍛造温度を低くする程高くなっている。

即ちLT方向の耐力改善という観点からすれば、L方向の機械的性質の最適条件として挙げた前記〔I〕及び〔II〕の設定要件は必ずしも良好とは言えない。尚鍛造品のST方向の機械的性質については、別途行なつた実験により、鍛造温度や圧下率にあまり影響を受けないことを確認している。

そこでL方向のみならずLT方向の機械的性質についても同時に改善することのできる技術を確立しようとして更に研究を進めたところ、以下に説明する如く2段階目以後の鍛造条件を適正に調整してやれば、前記〔I〕及び〔II〕の適正条件で第1段階鍛造を行なつたもののL方向の機械的性質を低下させることなく、LT方向の機械的性質を向上せしめ得ることが確認された。

即ち第10図は、第1段階目の鍛造条件を①圧下方向：素材のメタルフローに平行、②圧下率：80%、③鍛造温度：300、350又は400℃に

定し、第2段階目の鍛造温度及び圧下率を変えた場合における鍛造品のL方向（第10図左側）及びLT方向（第10図右側）の機械的性質の変化を示したグラフである。又第11図は、第1段階目の鍛造条件を①圧下方向：素材のメタルフローに対し垂直、②圧下率：80%、③鍛造温度：300、350又は400℃に定し、第2段階目の鍛造温度及び圧下率を変えた場合における鍛造品のL方向（第11図左側）及びLT方向（第11図右側）の機械的性質の変化を示したグラフである。尚第2段階目の鍛造は第1段階の鍛造に引き続いて行なわれるものであり、第1段階鍛造済みの素材のメタルフローは何れも素材板の長さ方向に平行となつていたので、第2段階目の鍛造時における圧下方向は何れの場合もメタルフローに対して垂直となる。

これらの図からも明らかな様に、L方向の引張強度及び耐力は第2段階目の鍛造条件によつてあまり影響を受けず何れも高い値を示している（第10図及び第11図）。これに対しLT方向の機械的

強度、特に耐力は第2段階目の圧下率を高めるにつれ向上し、30%以上より好ましくは50%以上の圧下率とすることによつて相当改善される。殊に第1段階目の鍛造を素材のメタルフローと平行方向に加えたものでは、第2段階目の鍛造条件を適正に調整することによつてLT方向の耐力を著しく高めることができる。また第1段階目の鍛造を素材のメタルフローと垂直方向の圧下により行なつたものでは、第2段階目の鍛造条件を適正に調整することによつてLT方向の伸びを相当改善し得ることが分かる。そしてこの様なLT方向の耐力及び伸びの改善効果は、第2段階目の鍛造温度を低くした方が有効に発揮されるようである（第10、11図参照）。そこで第2段階目の鍛造における最適温度を明確にすべく実験を行なつたところ、この温度が290℃を超えると上記の様な第2段階鍛造による耐力及び伸びの改善効果が十分に発揮されず、目的達成のためには290℃以下の温度を採用しなければならないことが確認された。但し鍛造温度が212℃未満になるとMg合金の型性変形

能が低下して割れを生ずる傾向が強くなるので、結局第2段階目の鍛造温度は212～290℃の範囲に設定するのが最善である。

尚これまでの説明は鍛造を2段階で行なう場合についてであつたが、3段階或は4段階以上に分けて鍛造を行なうことも勿論可能であり、この場合は2段階以降最終鍛造までの総圧下率が30%以上、より好ましくは50%以上となる様に各段の圧下率を調節すると共に、最終段の鍛造温度を212～290℃の範囲に設定することにより、前述の2段階鍛造の場合と同様L方向、LT方向の何れの機械的性質においても卓越した鍛造品を得ることができる。

ちなみに下記第1表は、1段階鍛造及び4段階鍛造までの複数段階鍛造において、各段の鍛造条件を種々変えた場合の機械的性質に与える影響を、多数の実験データの中から抜粋して示したものである。尚第1段階鍛造時の素材メタルフローに対する圧下方向の如何（平行又は垂直）を問わず、2段階以降の鍛造時の圧下方向がすべてメタルフローに対

し垂直となることは先に説明した通りである。

(以下省略)



第 1 表

実 験 No.	素材メタルフロー に対する圧下力方向	鍛造スケジュール								機械的性質						備 考
		第1段目鍛造		第2段目鍛造		第3段目鍛造		第4段目鍛造		L 方 向			L T 方 向			
		温 度 (℃)	圧下率 (%)	温 度 (℃)	圧下率 (%)	温 度 (℃)	圧下率 (%)	温 度 (℃)	圧下率 (%)	引張強さ kgf/mm ²	耐力 kgf/mm ²	伸 び (%)	引張強さ kgf/mm ²	耐力 kgf/mm ²	伸 び (%)	
1	平 行	405	80	-	-	-	-	-	-	33	26	15	30	13	15	比較例
2	平 行	250	80	-	-	-	-	-	-	30	18	17	33	22	18	比較例
3	平 行	405	80	250	50	-	-	-	-	33	27	15	31.5	17	17	実施例
4	平 行	305	80	250	50	-	-	-	-	30	20	17	32	20	16	比較例
5	平 行	405	80	350	50	-	-	-	-	33	27	15	30	14	15	比較例
6	平 行	390	80	330	50	250	30	-	-	34	27	16	32	18.5	16	実施例
7	平 行	400	80	330	50	300	30	250	20	34	27.5	15	32.5	19	15	実施例
8	平 行	395	80	330	50	330	30	330	20	33	25.5	16	30.5	14.5	16	比較例
9	垂 直	405	80	-	-	-	-	-	-	34	28	10	30	13	20	比較例
10	垂 直	250	80	-	-	-	-	-	-	28	22	3	30	21	15	比較例
11	垂 直	400	80	250	50	-	-	-	-	34	28	16	31.5	18	16	実施例
12	垂 直	300	80	250	50	-	-	-	-	31	20	15	31	18	16	比較例

各実験例は各工程で鍛造焼入れ実施

第1表からも明らかな様に、第1段の鍛造条件、第2段目以降の圧下率及び最終段の鍛造温度のいずれもが前記好適範囲と合致する本発明の実施例では、L方向及びLT方向の各機械的性質がいずれも良好な鍛造製品が得られているのに対し、本発明の要件を1つでも欠く比較例で得た鍛造製品の機械的性質は、以下に示す如く十分とは言えない。

- №1, №9: 第1段の鍛造条件は適正であるが、第2段目以降の鍛造を行なっていない為、特にLT方向の耐力が劣悪である。
- №2, №10: 第1段目の鍛造温度が低すぎる為、L方向の耐力が低い。
- №4, №12: 第2段階の鍛造を行なっているが、第1段の鍛造温度が低すぎる為L方向の耐力が不十分である。
- №5: 第1段の鍛造条件は適正であるが、第2段目(最終段)の鍛造温度が低すぎる為、LT方向の耐力が低い。
- №8: 第4段(最終段)の鍛造温度が低すぎる

以上の様な本発明鍛造法の特徴が有効に発揮される鍛造素材は、前述の様にZK60A合金を代表的に含むMg-Zn-Zr合金であるが、これら3種の元素の好ましい含有率は下記の通りである。

Zn: 1.5~6.5%

Zr: 0.45%以上

Mg: 残部

しかしてZnが1.5%未満ではZnの有する強度向上効果が有効に発揮されず、一方6.5%を超えると合金鋳造をするときに割れが発生し易くなると共に鍛造加工性も劣悪になる。Zrは結晶粒微細化元素として0.45%以上を必須とするもので、その上限は特に存在しないが、MgへのZrの固溶度の上限は800℃で0.8%程度であるので、0.8%程度以下に定めるのが一般的と言える。

本発明は以上の様に構成されており、要は第1段の鍛造条件、第2段目以降最終段までの圧下率及び最終段の鍛造温度を厳密に設定することによつて、L方向及びLT方向の何れの機械的性質も

為やはりLT方向の耐力が十分に改善されていない。

以上、本発明の構成及び作用効果を矩形素材の鍛造例を挙げて説明してきたが、こうした効果は矩形素材に限定されず円柱状素材等に適用した場合でもほぼ同程度に発揮され、また拘束鍛造及び自由鍛造の何れに適用する場合でも本質的效果は同等に発揮されるが、引張強度及び耐力は拘束鍛造法を採用した場合の方が高い値を得ることができ、強度や耐力のばらつきも小さくなることを確認している。また本発明では特に第1段の鍛造温度を従来法に比べて高めに設定している為素材が軟化する恐れがあり、鍛造後焼入れしたものと放冷したものとは軟化の程度がかなり異なつてくることが考えられ、殊に大物鍛造品についてはその違いが顕著に現われると考えられる。従つてこの様な高温軟化に起因する機械的性質の変動を防止し安定した品質の鍛造品を得る為には、少なくとも第1段の鍛造後、より好ましくは各段の鍛造処理後に鍛造焼入れを施すことが望まれる。

仮めて良好なMg-Zn-Zr合金鍛造品を提供し得ることになつた。

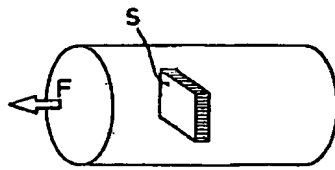
4. 図面の簡単な説明

第1図(A)、(B)は鍛造試験用素材の採取法を示す説明図、第2図(A)、(B)、(C)は供試素材の形状及び寸法を示す見取り図、第3図(A)、(B)は鍛造試験法を示す説明図、第4図(A)、(B)は鍛造品からの試験片採取位置を示す説明図、第5図は第1段目の鍛造条件を変えた場合のメタ組織の変化を示す金属組織の図面代用顕微鏡写真、第6~11図は、鍛造品の機械的性質に及ぼす鍛造温度及び圧下率の影響を示す実験結果のグラフである。

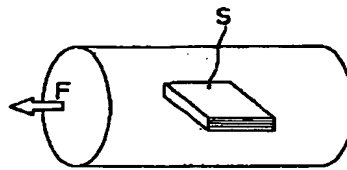
出願人 株式会社神戸製鋼所
代理人 弁理士 堀 不 久



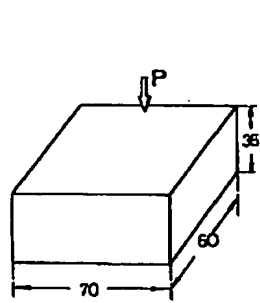
第1図(A)



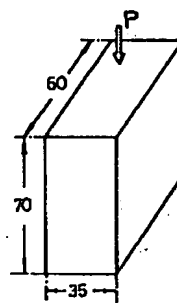
第1図(B)



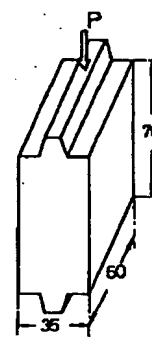
第2図(A)



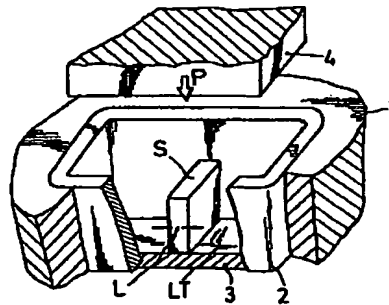
第2図(B)



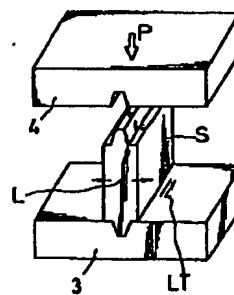
第2図(C)



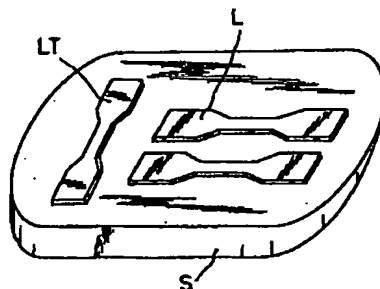
第3図(A)



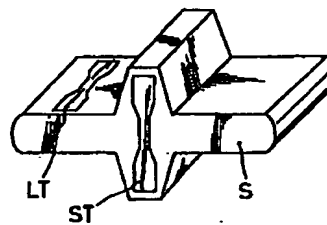
第3図(B)



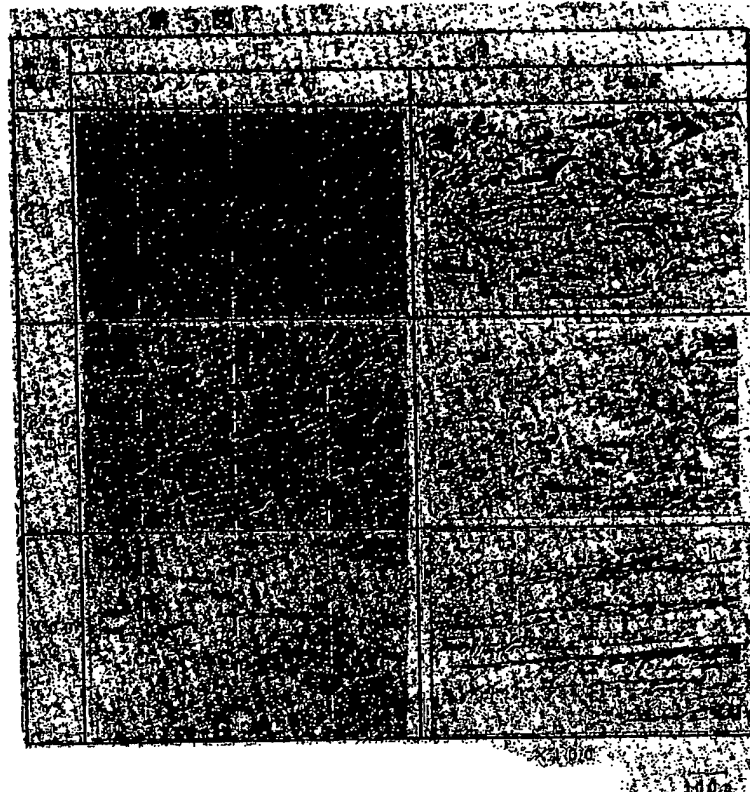
第4図(A)



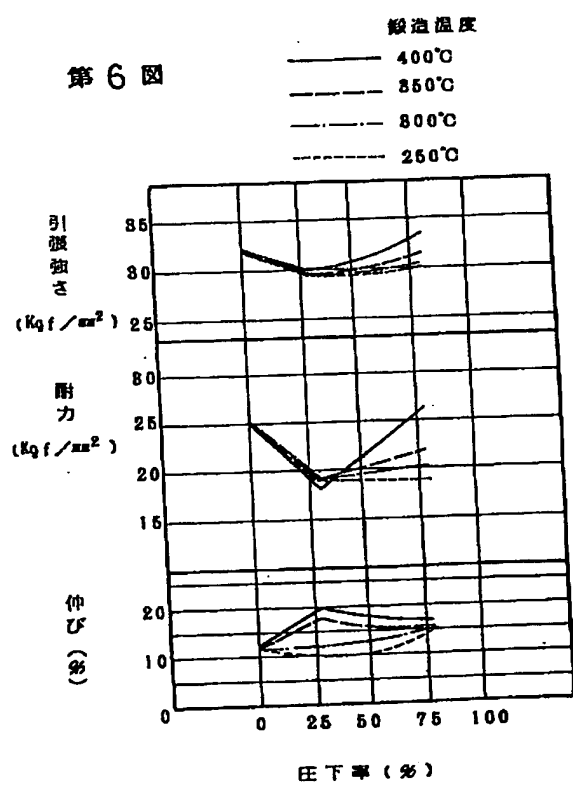
第4図(B)



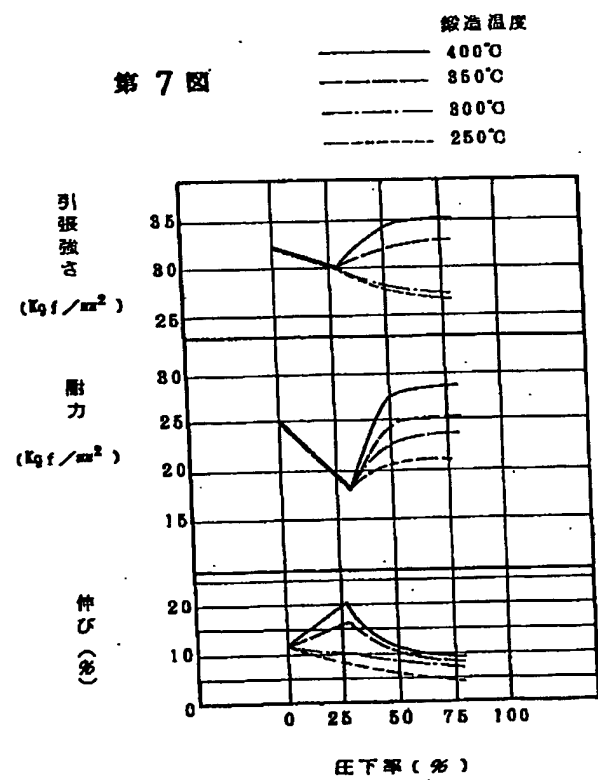
図面の抄写(内容に変更なし)

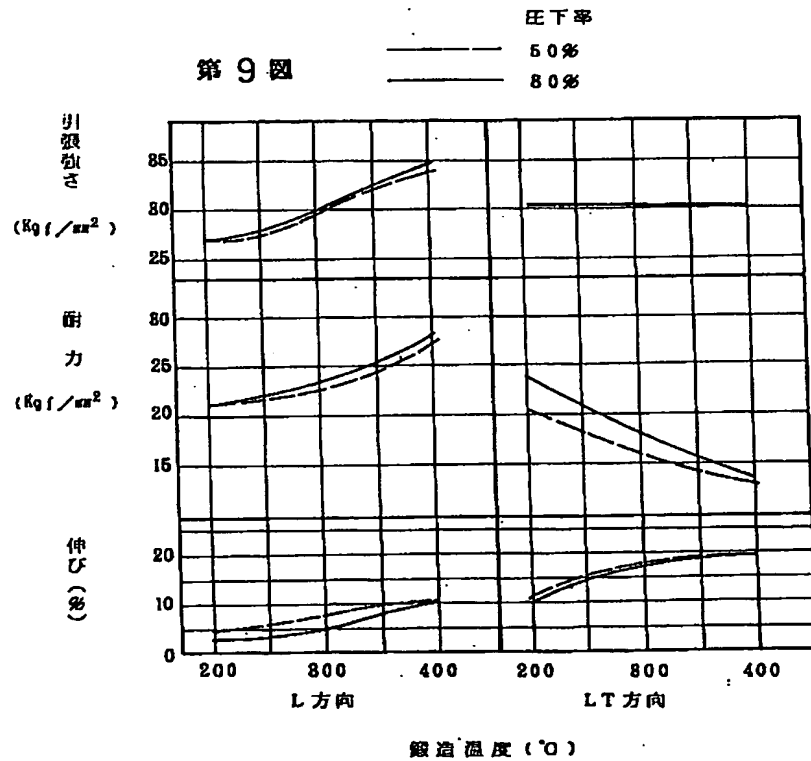
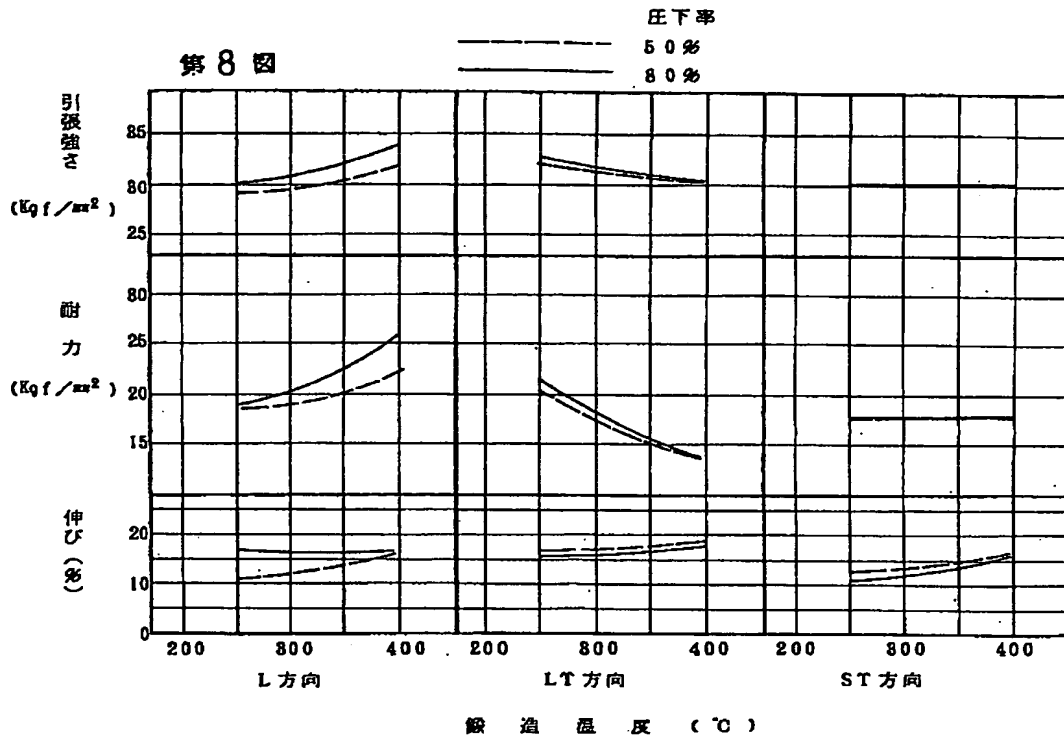


第6図

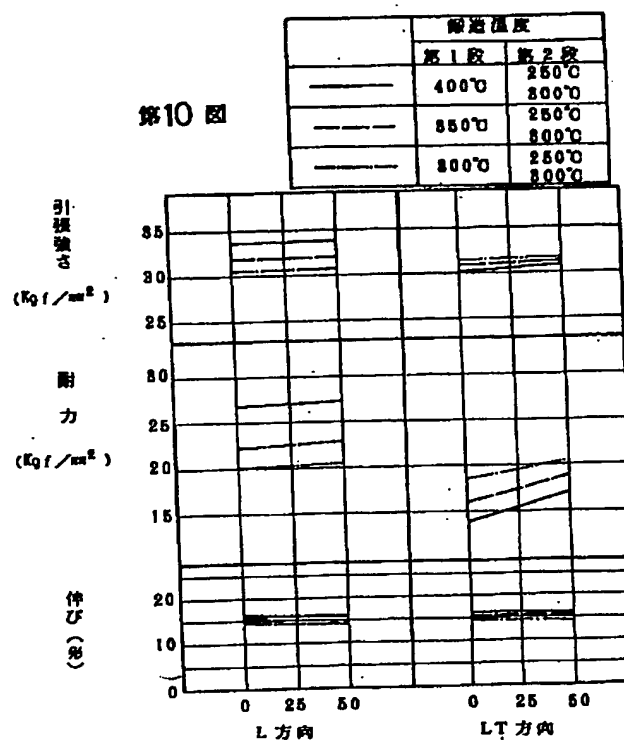


第7図

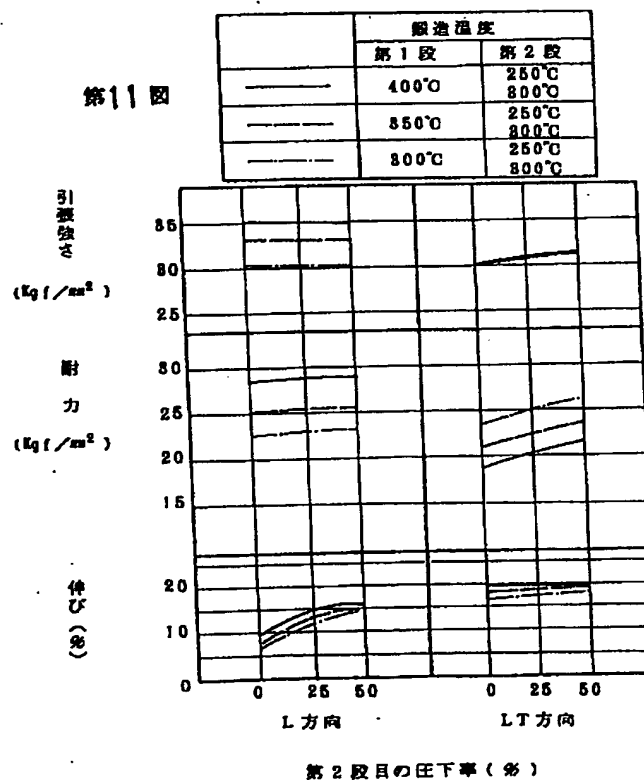




第10 図



第11 図



手続補正書(方式)

昭和60年 3月 4日

特許庁長官 志賀 孝 殿

1. 事件の表示

昭和59年特許願第68823号

2. 発明の名称

Mg-Zn-Zr合金の鍛造方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

神戸市中央区脇浜町一丁目3番18号

(119) 株式会社 神戸製鋼所

代表者 牧 冬彦

4. 代理人 〒530

大阪市北区堂島2丁目3番7号

シンコービル

電話 大阪(06) 343-2325(代)

(7540) 弁理士 植木 久

5. 補正命令の日付

昭和58年 8月25日 (発送日)

6. 補正の対象

明細書全文及び図面

7. 補正の内容

(1) 明細書を別紙のタイプ浄書と差し替えます。

(2) 第5図を別紙のものと差し替えます。



BLANK PAGE